



KAJIAN AWAL PENURUNAN KADAR TIMBAL DAN KROM DENGAN MENGGUNAKAN BATUBARA DALAM REAKTOR PIPA

Sani, Dwi Hery Astuti

Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknologi Industri UPN “Veteran” Jawa Timur

Jl.Raya Rungkut Madya, Gunung Anyar Surabaya Telp.(031) 8706369

Fak(031) 8706372

ABSTRAK

Adsorpsi merupakan suatu proses yang dapat digunakan untuk penanganan air limbah karena prosesnya tidak terlalu rumit, disamping itu juga bahan untuk mengadsorpsi mudah didapat serta biaya operasionalnya murah. Banyak bahan yang dapat digunakan sebagai adsorben salah satunya adalah batubara. Batubara disamping sebagai bahan bakar juga dapat dimanfaatkan sebagai bahan pengadsorpsi. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui seberapa besar kemampuan batubara lignit dalam menurunkan kadar logam berat Cr(krom) dan Pb(Timbal) pada reaktor pipa.

Proses adsorpsi dilakukan dengan mengalirkan limbah elektroplating pada bak penampung kedalam sebuah reaktor pipa yang didalamnya berisi batubara sebagai adsorben dengan aliran kontinyu. Dalam penelitian ini akan mempelajari pengaruh batubara sebagai adsorben untuk menurunkan konsentrasi logam berat krom dan timbal pada sebuah reaktor pipa (kolom) dalam berbagai laju alir dengan peubah sebagai berikut : Tinggi Unggun (Cm): 25, 30, 35, 40, 45. Laju alir (ml/menit) : 35, 50, 65, 80, 95.

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa penurunan konsentrasi logam krom terbaik yaitu sebesar 7,343 mg/L dengan % removal sebesar 64,406 % dan penurunan konsentrasi logam timbal terbaik yaitu sebesar 0,216 mg/L dengan % removal sebesar 40,659 %, hasil ini dicapai pada laju alir 35 ml/menit dengan tinggi unggun pada kolom sebesar 45 Cm.

Kata kunci: adsorpsi, Batubara.

PENDAHULUAN

Indonesia merupakan salah satu negara penghasil batubara yang cukup banyak. Batubara di Indonesia kebanyakan merupakan batubara jenis lignite (Brown coal) atau yang biasa disebut dengan batubara muda. Batubara muda memiliki nilai kalor yang rendah dan banyak mengandung belerang sehingga kurang baik digunakan pada proses pembakaran. Penggunaan batubara muda hanya untuk sekedar dibakar merupakan pemanfaatan sumber daya alam yang kurang maksimal. (Corinne and Christopher, 1996)

Penggunaan batubara sebagai adsorpsi dewasa ini banyak berkembang terutama dalam bidang pengolahan air limbah industri untuk menurunkan konsentrasi logam – logam berat. Karena proses ini pengolahannya tidak terlalu rumit, bahan untuk mengadsorpsi mudah didapatkan serta biaya operasionalnya paling rendah, (Agus Hariadi, 2004)

Secara umum industri elektroplating meliputi beberapa tahapan proses, yaitu proses fisik, kimia maupun elektrokimia. Proses fisik diantaranya adalah pemolesan dan blasting. Proses kimia antara lain penghilangan lemak (degreasing) dan pencucian dengan asam (pickling), sedangkan proses elektrokimia berupa proses pelapisan (plating). Ketiga proses ini menghasilkan limbah yang berbahaya dengan kandungan logam beratnya, baik limbah cair maupun limbah padat.

Industri elektroplating yang ada di sekitar Jakarta, Bandung dan Surabaya umumnya menggunakan bahan pelapisan yang mengandung logam utama Zn, Cu, Cr, Pb dan Ni. Limbah yang dihasilkan, banyak mengandung logam – logam berat tersebut. Air limbah yang mengandung ion kromium dan ion timbal dengan konsentrasi diatas nilai baku mutu yang ditetapkan (dijijinkan) apabila dibuang secara langsung ke badan air penerima (sungai), akan mengakibatkan pencemaran sungai dan juga mengakibatkan keracunan akut maupun



kronis baik secara langsung maupun tidak langsung terhadap organisme yang hidup di perairan tersebut dan maupun manusia. Disamping itu, ion kromium dan ion timbal juga dapat menyebabkan kanker paru – paru dan pada akhirnya akan mengakibatkan kematian baik pada organisme maupun pada manusia (*Dyah Suci, 2004*)

Melihat kenyataan yang ada pada saat ini, hanya sebagian kecil dari beberapa industri yang melakukan pengolahan limbah cairnya secara sungguh – sungguh. Hal ini disebabkan beberapa hal diantaranya biaya pendirian instalansi pengolahan air limbah dan biaya operasionalnya yang sangat mahal, serta keterbatasan informasi tentang proses yang efisien serta keterbatasan informasi tentang proses yang efisien dan efektif serta keterbatasan lahan yang tersedia.

Mengingat bahayanya logam – logam berat tersebut maka dilakukan adsorpsi terhadap limbah dengan adsorben batubara.

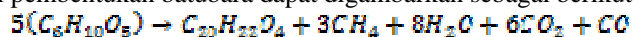
Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui seberapa besar kemampuan batubara lignite dalam menurunkan kadar logam berat Cr (Krom) dan Pb (Plumbum) dalam suatu reaktor pipa.

TINJAUAN PUSTAKA

BATUBARA

Batubara adalah mineral organik yang dapat terbakar, terbentuk dari sisa tumbuhan purba yang mengendap yang selanjutnya berubah bentuk akibat proses fisika dan kimia yang berlangsung selama jutaan tahun. Pembentukan batubara dimulai sejak periode pembentukan karbon (Carboniferous Period) dikenal sebagai zaman batubara pertama yang berlangsung antara 290 juta sampai 360 juta tahun yang lalu. Oleh karena itu, batubara termasuk dalam kategori bahan bakar fosil. Proses awal pembentukan, endapan tumbuhan berubah menjadi gambut (peat), yang selanjutnya berubah menjadi batubara muda (lignite) atau disebut pula batubara cokelat (brown coal).

Setelah mendapat pengaruh suhu dan tekanan yang terus – menerus selama jutaan tahun, maka batubara muda akan mengalami perubahan yang secara bertahap menambah maturitas organiknya dan mengubah batubara muda menjadi batubara sub – bituminus. Perubahan kimiawi dan fisika terus berlangsung sehingga batubara menjadi lebih keras dan warnanya lebih hitam sehingga membentuk bituminous atau antrasit. Reaksi pembentukan batubara dapat digambarkan sebagai berikut :



Batubara terbentuk dengan cara yang sangat kompleks dan memerlukan waktu yang lama (puluhan sampai jutaan tahun) dibawah pengaruh fisika, kimia, ataupun keadaan geologi

Berdasarkan dari mutu atau tingkatannya batubara dikelompokkan menjadi kelas: a. Lignit

Lignit merupakan batubara peringkat rendah dimana kedudukan lignit dalam tingkat klasifikasi batubara berada pada daerah transisi dari jenis gambut ke batubara. Lignit adalah batubara yang berwarna hitam dan memiliki tekstur seperti kayu.

b. Sub – bitumine

Batubara jenis ini merupakan peralihan antara jenis lignit dan bitumine. Batubara jenis ini memiliki warna hitam yang mempunyai kandungan air, zat terbang, dan oksigen yang tinggi serta memiliki kandungan karbon yang rendah. Sifat – sifat tersebut menunjukkan bahwa batubara jenis sub – bitumine ini merupakan batubara tingkat rendah.

c. Bitumine

Batubara jenis ini merupakan batubara yang berwarna hitam dengan tekstur ikatan yang baik.

d. Antrasit

Antrasit merupakan batubara paling tinggi tingkatan yang mempunyai kandungan karbon lebih tinggi dari 93% dan kandungan zat terbang kurang dari 10%. Antrasit umumnya lebih keras, kuat dan sering kali berwarna hitam mengkilat seperti kaca. [Yunita, 2000].



Berikut ini ditunjukkan contoh analisis dari masing – masing unsur yang terdapat dalam setiap tahap pembuatan.

Type of Coal	C %	H ₂ %	O ₂ %	N ₂ %	Moisture %	Volatile matter %	Calorific Value Btu/lb
Peat	45 - 60	3.5 – 6.8	20 - 45	0.75 - 3	70 – 90	45 – 75	7500 – 9600
Lignites	60 - 75	4.5 – 5.5	17 - 35	0,75 – 2.1	30 – 50	45 – 60	12000 – 13000
Bituminous	75 - 92	4.0 – 5.6	3 - 20	0.75 – 2	1 – 20	11 – 50	12600 – 16000
Anthracites	92 - 95	2.9 – 4.0	2 - 3	0.50 – 2	1.5 – 3.5	3.5 – 10	16000 – 15400

Adsorpsi

Adsorpsi merupakan suatu proses atau fenomena penimbunan atau penghimpunan substansi pada permukaan dari dua fase yang teradsorpsi disebut adsorbat (solute) dan fase pengadsorpsi disebut adsorben. Peristiwa demikian biasanya dimaksudkan juga sebagai penyerapan molekul – molekul adsorbat ke permukaan adsorben (Treyball, 1981)

Ada 2 macam jenis adsorpsi, yaitu :

1. Adsorpsi fisika adsorpsi Van Der Waals.

Proses adsorpsi adalah proses adsorpsi yang merupakan hasil dari gaya tarik intermolekul antara molekul padatan dan substansi yang diadsorpsi. Adsorbat tidak menembus kedalam kisi – kisi kristal adsorben serta tidak melarut didalamnya, tetapi sepenuhnya berada pada permukaan adsorben. Pada padatan yang sangat porous, mengandung banyak kapiler – kapiler substansi yang adsorpsi akan masuk dalam celah – celah ini pada saat adsorbat membasahi padatan tersebut. (Treyball, 1981)

1. Adsorpsi Kimia atau adsorpsi aktif

Adsorpsi kimia merupakan hasil dari interaksi kimia antara padatan dan substansi yang teradsorpsi. Proses adsorpsi kimia sering kali tidak bolak – balik dan pada substansi sering kali ditemukan telah mengalami perubahan kimia. (Treyball, 1981)

Pada prinsipnya proses adsorpsi terdiri dari tiga langkah penting:

1. Harus terjadi kontak antara fluida dengan adsorben, pada keadaan demikian adsorbat akan diadsorpsi
2. Fluida yang tidak teradsorpsi harus dipisahkan dari adsorbat-adsorben
3. Adsorben harus dapat diregenerasi (diaktifkan kembali).

Keseimbangan adsorpsi terjadi pada saat adsorbat yang terkandung dalam larutan telah bercampur dengan adsorben, molekul – molekul adsorbat berpindah dari larutannya ke permukaan adsorbent hingga konsentrasi adsorbat dalam larutan adalah sebanding dengan konsentrasi adsorbat pada permukaan solid adsorbent. (Donald. W and Herbert. E. K, 1979)

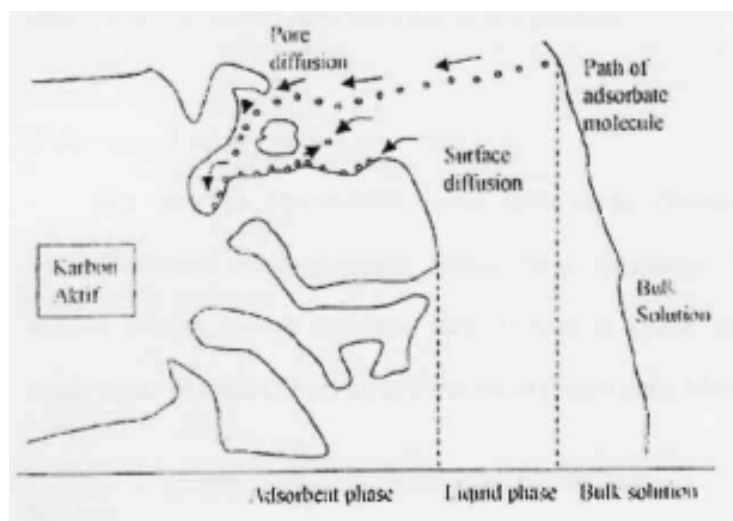
Fixed Bed

Pada praktiknya unsteady state fixed bed paling sering digunakan untuk treatment air limbah dalam jumlah yang besar. Feed likuid yang masuk secara kontinu melalui atas atau bawah dari sebuah adsorben solid yang stationer. Solid mengadsorpsi sejumlah solute yang terus meningkat terhadap waktu. Jika kapasitas adsorpsi solid (adsorben) terdekati maka solid dapat diregenerasi kembali. (Donald. W and Herbert. E. K, 1979)

Pada penelitian ini sistem peralatan untuk adsorpsi menggunakan sistem cair padatan dengan aliran kontinu pada kolom fixed bed. Dimana limbah cair dimasukkan dalam kolom fixed bed dengan menjalankan variabel yang ditentukan, lalu mengalami kontak dengan fase padatnya sehingga terjadi perpindahan massa dari komponen yang mempunyai konsentrasi besar ke komponen yang berkonsentrasi rendah.

Mekanisme Adsorpsi

Prinsip dasar mekanisme adsorpsi yaitu campuran yang akan dipisahkan dibawah sampai berkontak dengan fase tak larut lainnya, adsorben padat dan distribusi tidak merata dari konstituen asal, antara fase adsorpsi pada permukaan padatan dan lapisan fluida akan terjadi pemisahan. Proses pemisahan akan terjadi akibat perbedaan molekul atau perbedaan berat molekul atau perbedaan sifat polaritas bahan yang menyebabkan molekul melekat lebih kuat pada yang lainnya. Pada berbagai keadaan satu macam adsorbat secara menyeluruh dari likuid menuju adsorben, sedang proses adsorpsi yang terjadi pada komponen lain sangat kecil. Proses regenerasi dari adsorben dapat pula dilakukan untuk mendapatkan konsentrasi adsorbat yang tinggi dan liquid yang hampir murni. (Treyball, 1981)



Gambar 2.1 Mekanisme Adsorpsi

Faktor-faktor yang mempengaruhi proses adsorpsi dalam penelitian ini adalah :

1. Sifat-sifat fisika dan kimia dari adsorben.
Selain komposisi dan polaritas, struktur pori merupakan factor yang penting untuk diperhatikan. Struktur pori berhubungan dengan luas permukaan, semakin kecil pori-pori adsorben, mengakibatkan luas permukaan semakin besar. Dengan demikian kecepatan adsorpsi bertambah. Untuk meningkatkan kecepatan adsorpsi dianjurkan agar menggunakan adsorben yang telah dihaluskan.
2. Konsentrasi dari zat yang diserap dalam larutan
Semakin tinggi konsentrasi dari zat yang diserap dalam larutan maka semakin banyak jumlah adsorben yang akan digunakan.
3. Waktu tinggal dalam system
Bila adsorben ditambahkan dalam suatu cairan dibutuhkan waktu untuk mencapai kesetimbangan. Waktu yang dibutuhkan berbanding terbalik dengan jumlah adsorben yang digunakan. Untuk larutan yang mempunyai viskositas tinggi diperlukan waktu tinggal yang lebih lama.

Hipotesa

Penurunan kadar logam pada limbah elektroplating khususnya pada logam plumbum dan chromium dengan menggunakan batubara dalam reactor pipa dipengaruhi oleh laju alir dan tinggi unggun batubara.

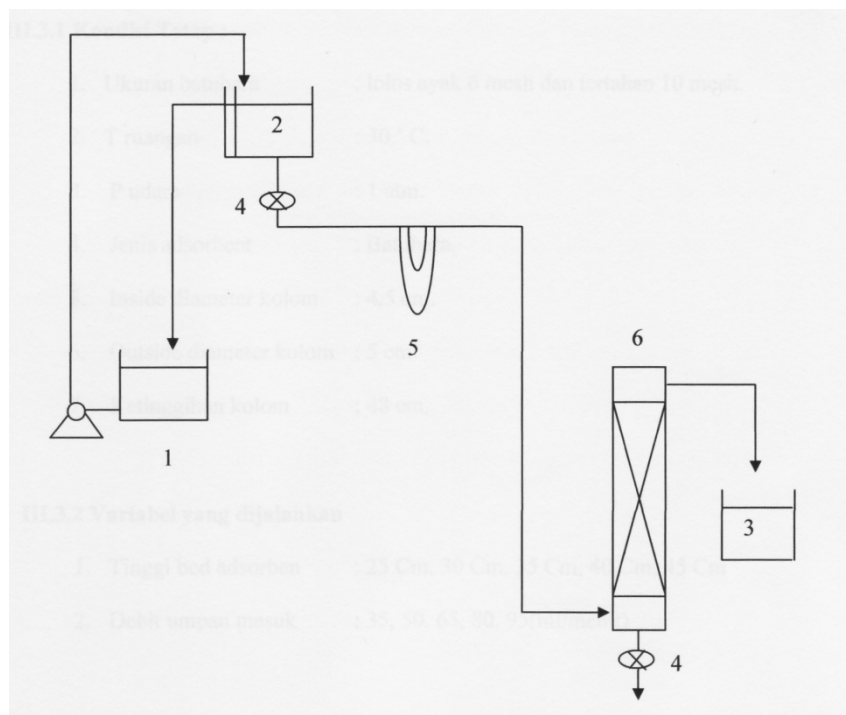
METODE PENELITIAN

Bahan yang Dipergunakan

Bahan yang digunakan dalam penelitian adalah limbah dari pabrik elektroplating yang didalamnya mengandung logam berat crom (Cr) dan timbal (Pb). Penyusun menggunakan adsorben batubara dalam penelitian yang sebelumnya telah dioven untuk mengilangkan kadar air dengan ukuran lolos ayak 6 mesh dan tertahan 10 mesh.

Gambar Rangkaian alat

Sistem peralatan yang dipakai untuk adsorpsi dengan sistem cair padatan terlihat seperti gambar dibawah. Partikel adsorben ditempatkan didalam fixed bed dengan tinggi variable tertentu. Umpan cairan dimasukan dari bagian fixed bed lalu mengalami kontak dengan fase padatnya sehingga terjadi perpindahan massa dari komponen yang mempunyai konsentrasi besar ke komponen yang berkonsentrasi kecil.

**Keterangan:**

- | | |
|-----------------------------------|--------------------------|
| 1. Bak Penampung limbah | 4. Valve |
| 2. Bak Pengontrol aliran | 5. Orificemeter |
| 3. Bak Penampung air hasil Proses | 6. Kolom unggun batubara |

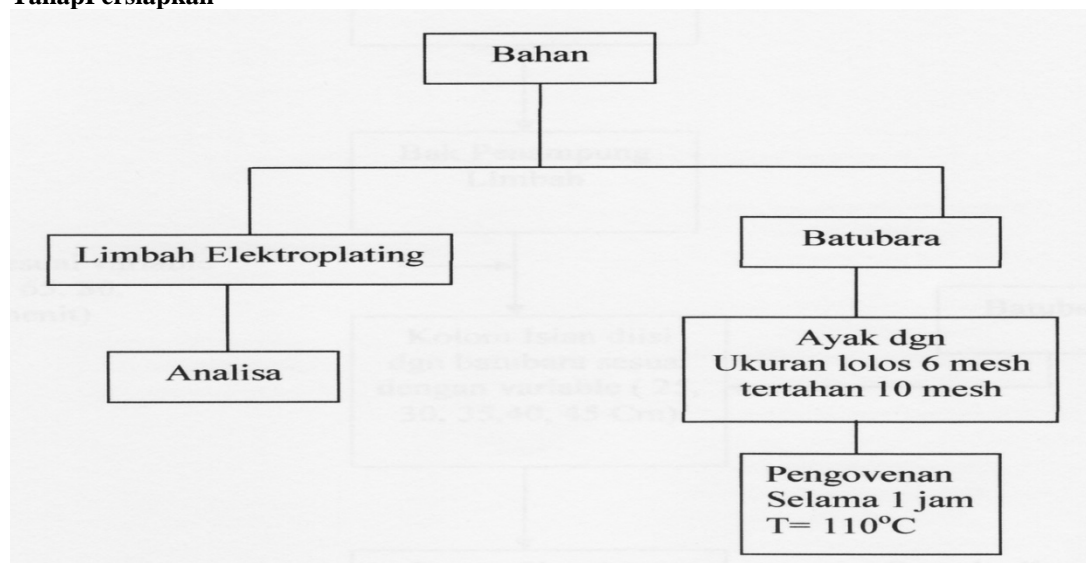
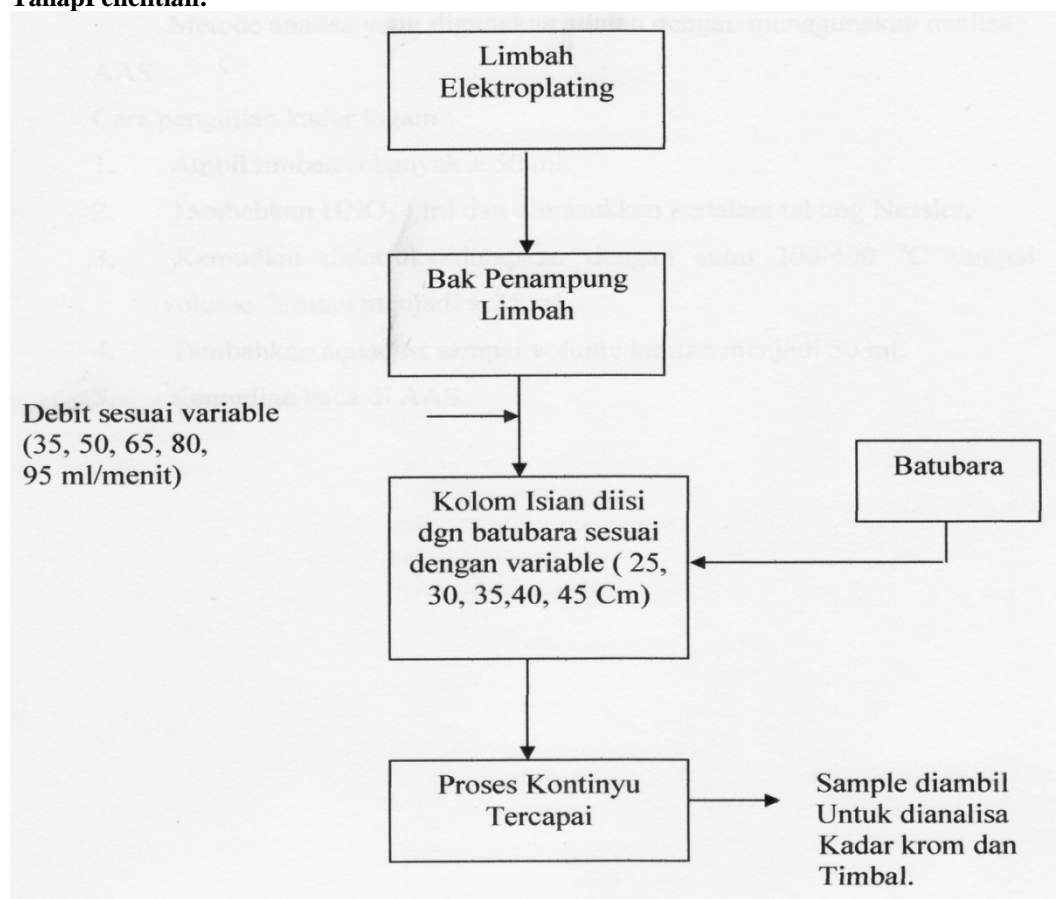
Peubah:

Kondisi yang ditetapkan : Ukuran batubara : Lolos ayakan 6 mesh dan tertahan 10 mesh, suhu ruangan 30 °C, tekanan udara 1 atm, Jenis adsorbent adalah batubara , Inside diameter kolom 4,5 cm outside diameter kolom 5 cm dan ketinggian kolom 48 cm.

Kondisi yang dijalankan: tinggi bed absorben : 25 cm, 30 cm, 35 cm, 40 cm, 45 cm, debit umpan masuk :35, 50, 65, 80, 95 (ml/menit),

Prosedur Penelitian:

Kolom isian diam diisi dengan batubara yang telah ditreatment dengan ketinggian sesuai dengan peubah. Limbah dimasukan kedalam bak penampung limbah, kemudian limbah dialirkan dengan debit aliran sesuai dengan kondisi peubah yang dijalankan. kedalam kolom isian diam yang telah terisi batubara. Setelah proses kontinyu dicapai, setiap 100 ml sampel diambil untuk dianalisa kandungan logam nya dengan menggunakan AAS. prosedur diatas diulang untuk peubah yang lain.

**Tahap Persiapan****Tahap Penelitian:**

**Hasil Pengujian batubara**

JENIS PENGUJIAN	SATUAN	BATUBARA
Inherent Moisture	%	8.8
Ash Content	%	2.66
Volatile Matter	%	45.58
Fixed Carbon	%	42.96
Gross Calorific value	Kcal/Kg	57.17
Total Moisture Content	%	12.43
Total Sulfur	%	0.1

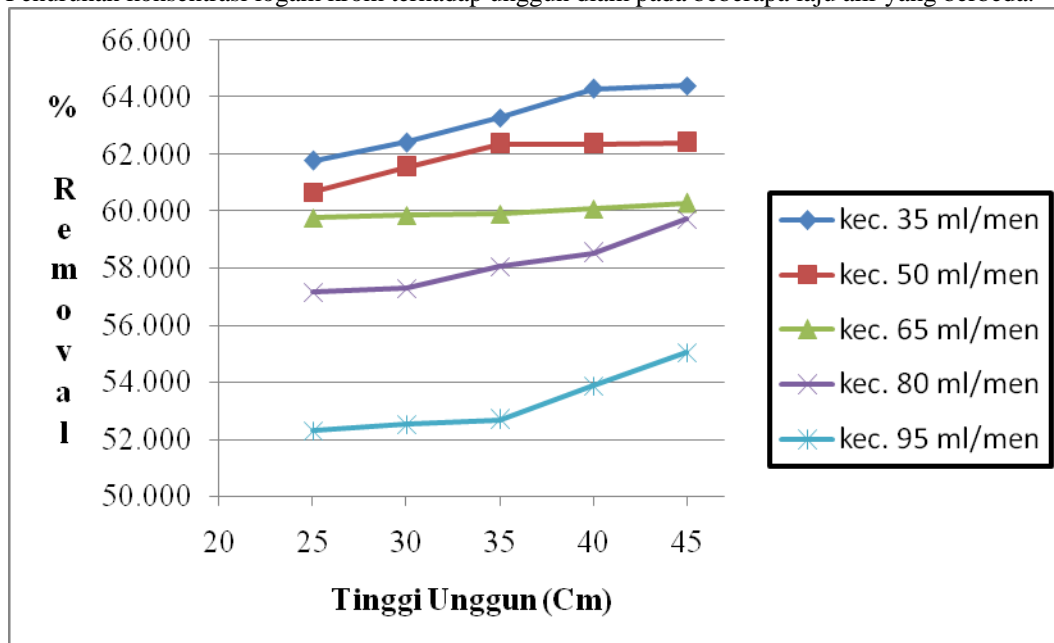
Hasil pengujian Limbah Elektroplating

Warna Limbah: Kuning jernih, pH = 4

BAHAN	SATUAN	KONSENTRASI
TIMBAL	mg/L	0.327
CHROM TOTAL	mg/L	20.071

Hasil dan Pembahasan

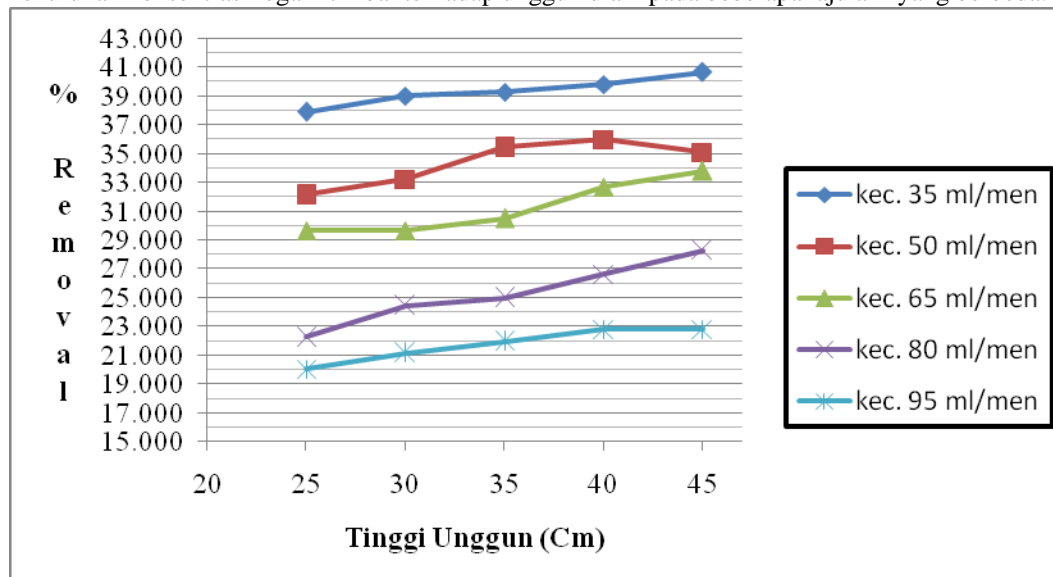
Penurunan konsentrasi logam krom terhadap unggun diam pada beberapa laju alir yang berbeda.



Gambar 1. Hubungan antara penurunan konsentrasi logam krom (% Removal) dan Tinggi unggun diam (Cm) pada laju alir yang berbeda – beda

Gambar 1. terlihat bahwa semakin kecil laju alir maka semakin banyak logam krom yang teradsorpsi oleh batubara, demikian pula dengan tinggi unggun yang digunakan, semakin tinggi adsorben dalam kolom maka semakin banyak logam krom yang teradsorpsi. Hal ini terlihat pada laju alir 35 ml/menit dengan tinggi unggun sebesar 45 cm didapatkan penurunan konsentrasi logam krom terbaik sebesar 7,343 mg/L dengan % Removal sebesar 64,406 %. Kondisi ini disebabkan karena pada laju alir yang semakin kecil dan dengan semakin tinggi unggun pada kolom maka waktu kontak antara logam-logam yang terdapat pada limbah dengan batubara sebagai adsorbent semakin lama, sehingga logam-logam yang teradsorb semakin banyak. Jika ditinjau secara kualitas limbah electroplating yang sebelumnya berwarna kuning jernih setelah mengalami proses adsorpsi limbah tersebut berwarna jernih. Hasil terbaik yang didapatkan pada penelitian ini masih belum memenuhi Standart Baku Mutu Air Buangan yang telah ditetapkan yaitu sebesar 0,5 mg/L.

Penurunan konsentrasi logam timbal terhadap unggun diam pada beberapa laju alir yang berbeda.



Gambar 2. Hubungan antara penurunan konsentrasi logam timbal (% Removal) dan Tinggi unggun diam (Cm) pada laju alir yang berbeda – beda

Gambar 2. menggambarkan peningkatan daya serap batubara terhadap logam timbal. Hal ini terlihat bahwa semakin tinggi unggun diam dalam kolom pada berbagai macam laju alir maka penurunan konsentrasi limbah semakin meningkat, kondisi ini disebabkan karena pada laju alir yang semakin kecil dan dengan semakin tinggi unggun pada kolom maka waktu kontak antara logam-logam yang terdapat pada limbah dengan batubara sebagai adsorbent semakin lama sehingga adsorbent mampu mengikat ion timbal dengan baik. Hal ini diperlihatkan dari meningkatnya % removal. Hasil terbaik yang didapat dari penelitian ini adalah sebesar 0,216 mg/L dengan % Removal 40,6590% pada tinggi unggun 45 Cm dengan laju alir 35 ml/menit. Hasil pengamatan dalam penelitian masih belum memenuhi standart baku mutu air buangan yaitu sebesar 0,1 mg/L.

Kesimpulan

1. Penurunan konsentrasi terbaik untuk logam krom (cr) dan Timbal (pb) yaitu sebesar 64,406% dan 40,659% dicapai pada tinggi unggun 45 Cm dengan laju alir 35 ml/menit.
2. semakin tinggi unggun yang digunakan maka logam krom (cr) dan Timbal (Pb) yang teradsorpsi oleh batubara lignit akan semakin besar. Demikian sebaliknya semakin besar laju alir limbah maka semakin kecil logam krom (cr) dan timbal (Pb) yang terserap.
3. Penggunaan batubara lignit sebagai adsorben yang baru mengalami proses aktivasi ternyata belum mampu menurunkan konsentrasi logam krom (Cr) dan Timbal (Pb) pada limbah electroplating sampai batas baku mutu yang telah ditetapkan sebesar 0,5 mg/L dan 0,1 mg/L.

DAFTAR PUSTAKA

- Cheremisinoff., Morresi, 1978, "Carbon Adsorption Handbook", Ann Arbor Science Publisher, Inc., Michigan.
- Corinne, C.D., and Christopher J.L, 1996, "Lignit: A Novel Material For Low-Cost Removal And Disposal Of Heavy Metals And Radionuclides From Waste Water", *Energie* 4 Vol. 7, No.2.
- Diah suci, 2004 "Jurnal Penelitian.: Adsorpsi Ion Logam Dari Limbah Electroplating dengan Menggunakan Abu Bagase".
- Donalt., W., Sondstrom And Herbert E. Klei, 1979, "Waste Water Treatment". 2nd ed., p.356 -360, PrenticeHall Inc, Englewood Cliffs NJ.



-
- Hariadi, Agus., 2004 "Adasorbsi Ion Logam Dari Limbah Elekhoplating Dengan Menggunakan Abu Bagase", UPN "Veteran" Jawa Timur.
- Kirk, R. E., Othmer, D.F., 1952, "Encyclopedia Of Chemical Tecnology" 5s ed.,The International Science Encyclopedia Inc., New York., Vol 5.
- Sukandarmidi, 1998, "Batubara dan Gambut" Hal 17-82, Gadjah Mada University Press, Yogiakarta.
- Treyball, 1980,"Mass Tranfer Operation" 3ed" McGrawHill, New York.
- Yunita Purnamasari, 2000,"Pembuatan Briket dari Batubara Kualitas Rendah Dengan Proses Non Karbonisasi Dengan Menambahkan MgN dan MgCl₂" UPN"Veteran" Jawa Timur.
- www.beritaipitekekonline.com/mengenalbatubara